

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 日
Date of Application:

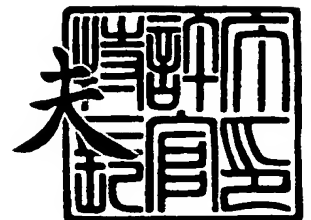
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 5]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 7 2 3 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015340181

【提出日】 平成14年10月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/22

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 奥村 智洋

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中山 一郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 水野 文二

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 佐々木 雄一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマドーピング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第一の圧力よりも低い第二の圧力に制御する第三のステップとを含むこと

を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項2】 第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給すること

を特徴とする請求項1記載のプラズマドーピング方法。

【請求項3】 第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことを特徴とする請求項1記載のプラズマドーピング方法。

【請求項4】 第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することを特徴とする請求項1記載のプラズマドーピング方法。

【請求項5】 試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むこと

を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 6】 第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことを特徴とする請求項 5 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 7】 第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことを特徴とする請求項 5 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 8】 第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することを特徴とする請求項 5 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 9】 試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第二の圧力に制御しながら、第二のステップにおける高周波電力よりも大きな高周波電力をプラズマ源に供給する第三のステップとを含むことを特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 10】 第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことを特徴とする請求項 9 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 11】 第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給することを特徴とする請求項 9 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 12】 第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することを特徴とする請求項 9 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 13】 試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にドーピング原料ガスを含まないガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給

することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にドーピング原料ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むこと

を特徴とするプラズマドーピング方法。

【請求項 14】 第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 15】 第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給することを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 16】 第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことを特徴とする請求項 13 記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 17】 第一の圧力が 1 乃至 10 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 1 Pa であることを特徴とする請求項 1、6、10 または 14 の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 18】 第一の圧力が 2 乃至 5 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 0.5 Pa であることを特徴とする請求項 1、6、10 または 14 の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 19】 ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることを特徴とする請求項 2、5、11 または 15 の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 20】 第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることを特徴とする請求項 3、7、9 または 16 の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項 21】 第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が

、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることを特徴とする請求項3、7、9または16の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項22】 真空容器内にドーピング原料ガスを供給するプラズマドーピング方法であって、ドーピング原料ガスの分圧が、第二の圧力の $1/1000$ 乃至 $1/5$ であることを特徴とする請求項1、5、9または13の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項23】 真空容器内にドーピング原料ガスを供給するプラズマドーピング方法であって、ドーピング原料ガスの分圧が、第二の圧力の $1/100$ 乃至 $1/10$ であることを特徴とする請求項1、5、9または13の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項24】 真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、固体状の不純物から発生させたドーピング原料により試料または試料表面の膜中に不純物を導入することを特徴とする請求項1、5、9または13の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【請求項25】 試料がシリコンよりなる半導体基板であり、不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンであることを特徴とする請求項1、5、9または13の何れか一項に記載のプラズマドーピング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、不純物を半導体基板等の固体試料の表面に導入するプラズマドーピング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

不純物を固体試料の表面に導入する技術としては、例えば、特許文献1に示されているように、不純物をイオン化して低エネルギーで固体中に導入するプラズマドーピング法が知られている。

【0003】

以下、図6を参照しながら従来の不純物導入方法としてのプラズマドーピング法について説明する。

【0004】

図6は、従来のプラズマドーピング法に用いられるプラズマドーピング装置の概略構成を示している。図6において、真空容器1内に、シリコン基板よりなる試料9を載置するための試料電極6が設けられている。真空容器1内に所望の元素を含むドーピング原料ガス、例えば B_2H_6 を供給するためのガス供給装置2、真空容器1内の内部を減圧するポンプ3が設けられ、真空容器1内を所定の圧力に保つことができる。マイクロ波導波管19より、誘電体窓としての石英板7を介して、真空容器1内にマイクロ波が放射される。このマイクロ波と、電磁石14から形成される直流磁場の相互作用により、真空容器1内に有磁場マイクロ波プラズマ（電子サイクロトロン共鳴プラズマ）20が形成される。試料電極6には、コンデンサ21を介して高周波電源10が接続され、試料電極6の電位が制御できるようになっている。

【0005】

このような構成のプラズマドーピング装置において、ガス供給装置2から導入されたドーピング原料ガス、例えば B_2H_6 は、マイクロ波導波管19及び電磁石14から成るプラズマ発生手段によってプラズマ化され、プラズマ20中のボロニオンが高周波電源10によって試料9の表面に導入される。

【0006】

このようにして不純物が導入された試料9の上に金属配線層を形成した後、所定の酸化雰囲気の中において金属配線層の上に薄い酸化膜を形成し、その後、CVD装置等により試料9上にゲート電極を形成すると、例えばMOSトランジスタが得られる。

【0007】

ところで、 B_2H_6 よりなるドーピング原料ガスのように、シリコン基板等の試料に導入されると電気的に活性となる不純物を含むガスは、一般に危険性が高いという問題がある。

【0008】

また、プラズマドーピング法は、ドーピング原料ガスに含まれている物質の全てが試料に導入される。 B_2H_6 よりなるドーピング原料ガスを例にとって説明すると、試料に導入されたときに有効な不純物はボロンのみであるが、水素も同時に試料中に導入される。水素が試料中に導入されると、エピタキシャル成長等、引き続き行なわれる熱処理時に試料において格子欠陥が生じるという問題がある。

【0009】

そこで、試料に導入されると電氣的に活性となる不純物を含む不純物固体を真空容器内に配置すると共に、真空容器内において希ガスのプラズマを発生させ、不活性ガスのイオンにより不純物固体をスパッタリングすることにより、不純物固体から不純物を分離させる方法が考えられた。こうした方法でドーピングを行うためのプラズマドーピング装置の構成を図7に示す。図7において、真空容器1内に、シリコン基板よりなる試料9を載置するための試料電極6が設けられている。真空容器1内に不活性ガスを供給するためのガス供給装置2、真空容器1内の内部を減圧するポンプ3が設けられ、真空容器1内を所定の圧力に保つことができる。マイクロ波導波管19より、誘電体窓としての石英板7を介して、真空容器1内にマイクロ波が放射される。このマイクロ波と、電磁石14から形成される直流磁場の相互作用により、真空容器1内に有磁場マイクロ波プラズマ（電子サイクロトロン共鳴プラズマ）20が形成される。試料電極6には、コンデンサ21を介して高周波電源10が接続され、試料電極6の電位が制御できるようになっている。また、不純物元素例えばボロンを含む不純物固体22が、固体保持台23上に設けられ、固体保持台23の電位が、コンデンサ24を介して接続された高周波電源25によって制御される。

【0010】

このような構成のプラズマドーピング装置において、ガス供給装置2から導入された不活性ガス、例えばアルゴン（Ar）は、マイクロ波導波管19及び電磁石14から成るプラズマ発生手段によってプラズマ化され、不純物固体22からスパッタリングによりプラズマ中に飛び出した不純物元素の一部がイオン化され、試料9の表面に導入される。このような構成については、特許文献2に詳しく

述べられている。

【0011】

【特許文献1】

米国特許 4912065 号公報

【特許文献2】

特開平 09-115851 号公報

【特許文献3】

特開 2000-309868 号公報

【特許文献4】

特願 2002-202483 号明細書

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来方式では、低濃度ドーピングが安定的に行えないという問題点があった。ドーピング原料ガスを用いて低濃度ドーピングを行うには、真空容器内の圧力を下げるとともに、ドーピング原料ガスの分圧を小さくする必要がある。この場合、一般にはドーピング原料ガスを不活性ガスであるヘリウムで希釈する。ヘリウムイオンはスパッタリングイールドが小さいため、試料へのイオン照射ダメージが小さいという利点があるためである。ところが、ヘリウムガスは低圧力では放電が開始しにくいという難点があり、所望の低濃度ドーピング条件で処理することが難しかった。

【0013】

また、ドーピング原料ガスを用いずに不純物固体を用いて低濃度ドーピングを行うに際しても、真空容器内の圧力を下げる必要がある。不活性ガスとしてアルゴンを用いる場合には、ヘリウムに比べると低圧力でも放電が開始しやすいものの、所望の低濃度ドーピング条件で処理することが難しいことについては、ドーピング原料ガスを用いる場合と同様である。

【0014】

一方、特許文献3には、アルゴンガスを用いたスパッタリング装置において、着火ステップにおける真空容器内の圧力を高くして着火を確実に行う方法が記さ

れているが、これを、プラズマドーピングのような、不純物に極めて敏感なプロセスにそのまま適用することはできない。

【0015】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本願の第1発明のプラズマドーピング方法は、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第一の圧力よりも低い第二の圧力に制御する第三のステップとを含むことを特徴とする。

【0017】

本願の第1発明のプラズマドーピング方法において、好適には、第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給することが望ましい。この場合、さらに好適には、ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。

【0018】

また、好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことが望ましい。この場合、さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることが望ましい。さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。

【0019】

また、好適には、第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することが望ましい。

【0020】

また、好適には、第一の圧力が1乃至10 Paであり、第二の圧力が0.01乃至1 Paであることが望ましい。さらに好適には、第一の圧力が2乃至5 Paであり、第二の圧力が0.01乃至0.5 Paであることが望ましい。

【0021】

本願の第2発明のプラズマドーピング方法は、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むことを特徴とする。

【0022】

本願の第2発明のプラズマドーピング方法において、好適には、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことが望ましい。この場合、さらに好適には、第一の圧力が1乃至10 Paであり、第二の圧力が0.01乃至1 Paであることが望ましい。さらに好適には、第一の圧力が2乃至5 Paであり、第二の圧力が0.01乃至0.5 Paであることが望ましい。

【0023】

また、好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことが望ましい。この場合、さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の1/100乃至1/2であることが望ましい。さらに好適には、第二のス

テップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。

【0024】

また、好適には、第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することが望ましい。

【0025】

また、好適には、ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。

【0026】

本願の第3発明のプラズマドーピング方法は、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第二の圧力に制御しながら、第二のステップにおける高周波電力よりも大きな高周波電力をプラズマ源に供給する第三のステップとを含むことを特徴とする。

【0027】

本願の第3発明のプラズマドーピング方法において、好適には、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことが望ましい。この場合、さらに好適には、第一の圧力が 1 乃至 10 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 1 Pa であることが望ましい。さらに好適には、第一の圧力が 2 乃至 5 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 0.5 Pa であることが望ましい。

【0028】

また、好適には、第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給することが望ましい。この場合、さらに好適には、ヘリウム以外

の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。

【0 0 2 9】

また、好適には、第二のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、第三のステップにおいて真空容器内にドーピング原料ガスを供給することが望ましい。

【0 0 3 0】

また、好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることが望ましい。さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。

【0 0 3 1】

本願の第4発明のプラズマドーピング方法は、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にドーピング原料ガスを含まないガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にドーピング原料ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むことを特徴とする。

【0 0 3 2】

本願の第4発明のプラズマドーピング方法において、好適には、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低いことが望ましい。この場合、さらに好適には、第一の圧力が 1 乃至 10 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 1 Pa であることが望ましい。さらに好適には、第一の圧力が 2 乃至 5 Pa であり、第二の圧力が 0.01 乃至 0.5 Pa であることが望ましい。

【0 0 3 3】

また、好適には、第二のステップにおいて、真空容器内にヘリウム以外の不活

性ガスを含むガスを供給し、第三のステップにおいて、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給することが望ましい。この場合、さらに好適には、ヘリウム以外の不活性ガスとして、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。

【0034】

また、好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力よりも、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の方が大きいことが望ましい。この場合、さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/100$ 乃至 $1/2$ であることが望ましい。さらに好適には、第二のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、第三のステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の $1/20$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。

【0035】

本願の第1、第2、第3または第4発明のプラズマドーピング方法において、真空容器内にドーピング原料ガスを供給する場合、好適には、ドーピング原料ガスの分圧が、第二の圧力の $1/1000$ 乃至 $1/5$ であることが望ましい。さらに好適には、ドーピング原料ガスの分圧が、第二の圧力の $1/100$ 乃至 $1/10$ であることが望ましい。

【0036】

本願の第1、第2、第3または第4発明のプラズマドーピング方法において、真空容器内にドーピング原料ガスを供給せず、固体状の不純物から発生させたドーピング原料により試料または試料表面の膜中に不純物を導入してもよい。

【0037】

本願の第1、第2、第3または第4発明のプラズマドーピング方法は、試料がシリコンよりなる半導体基板であり、不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンであること場合にとくに有効なプラズマドーピング方法である。

【0038】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態について、図1を参照して説明する。

【0039】

図1に、本発明の第1実施形態において用いたプラズマドーピング装置の断面図を示す。図1において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ3により排気を行い、調圧弁4により真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源5により13.56MHzの高周波電力を試料電極6に対向した誘電体窓7の近傍に設けられたコイル8に供給することにより、真空容器1内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極6上に載置された試料としてのシリコン基板9に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。また、試料電極6に高周波電力を供給するための高周波電源10が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつように、試料電極6の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ3及び排気口11は、試料電極6の直下に配置されており、また、調圧弁4は、試料電極6の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ3の直上に位置する昇降弁である。試料電極6は、4本の支柱12により、真空容器1に固定されている。なお、誘電体窓7の主成分は石英ガラスである。

【0040】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にヘリウムガスを50sccm、ドーピング原料ガスとしてのジボラン(B_2H_6)ガスを3sccm供給し、真空容器1内の圧力を第一の圧力=3Paに制御しながら、プラズマ源としてのコイル8に高周波電力を800W供給することにより、真空容器1内にプラズマを発生させた。プラズマが着火した1秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器1内を第一の圧力(3Pa)よりも低い第二の圧力=0.3Paに制御し、プラズマが安定した後に7秒間に渡って試料電極に200Wの高周波電力を供給することにより、ボロンを基板9の表面近傍に導入することができた。ドーピング濃度は $2.5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ であった。

【0041】

このように、プラズマの着火を、ドーピングプロセスにおける圧力よりも高い

圧力で行うことにより、安定した着火を実現することが可能となり、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。

【0042】

以上述べた本発明の第1実施形態において、プラズマを着火させるステップにおいてヘリウム以外の不活性ガスを供給してもよい。この場合、ヘリウム以外の不活性ガスは、一般にヘリウムよりも着火下限圧力が低いので、より低圧力にてプラズマの着火が行えるという利点がある。

【0043】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、プラズマ源に供給する高周波電力を小さくしてもよい。この場合、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0044】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、真空容器内にドーピング原料ガスを供給しないようにしてもよい。この場合も、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0045】

次に、本発明の第2実施形態について、図1を参照して説明する。

【0046】

図1に示したプラズマドーピング装置の基本的な動作については、本発明の第1実施形態において詳しく説明したので、ここでは説明を省略する。

【0047】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にアルゴンガスを50sccm、ドーピング原料ガスとしてのジボラン(B_2H_6)ガスを3sccm供給し、真空容器1内の圧力を第一の圧力=0.8Paに制御しながら、プラズマ源としてのコイル8に高周波電力を800W供給することにより、真空容器1内にプラズマを発生させた。プラズマが着火した1秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器1内にヘリウムガスを50sccm供給するとともに、アルゴンガスの供給を停止し、プラズマが安定

した後に7秒間に渡って試料電極に200Wの高周波電力を供給することにより、ボロンを基板9の表面近傍に導入することができた。ドーピング濃度は $4.2 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ であった。

【0048】

このように、プラズマの着火を、ヘリウム以外の不活性ガス（アルゴン）を含むガスで行うことにより、安定した着火を実現することが可能となり、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。

【0049】

以上述べた本発明の第2実施形態において、プラズマを着火させるステップにおいて真空容器内の圧力を大きくしてもよい。この場合、プラズマの着火がより安定的に行えるという利点がある。

【0050】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、プラズマ源に供給する高周波電力を小さくしてもよい。この場合、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0051】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、真空容器内にドーピング原料ガスを供給しないようにしてもよい。この場合も、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0052】

次に、本発明の第3実施形態について、図1を参照して説明する。

【0053】

図1に示したプラズマドーピング装置の基本的な動作については、本発明の第1実施形態において詳しく説明したので、ここでは説明を省略する。

【0054】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を 10°C に保ちつつ、真空容器1内にヘリウムガスを50sccm、ドーピング原料ガスとしてのジボラン(B_2H_6)ガスを3sccm供給し、真空容器1内の圧力を第一の圧力=3P

aに制御しながら、プラズマ源としてのコイル8に高周波電力を100W供給することにより、真空容器1内にプラズマを発生させた。プラズマが着火した1秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器1内を第一の圧力(3Pa)よりも低い第二の圧力=0.3Paに制御し、コイルに供給する高周波電力を800Wまで増加させ、プラズマが安定した後に7秒間に渡って試料電極に200Wの高周波電力を供給することにより、ボロンを基板9の表面近傍に導入することができた。ドーピング濃度は $2.4 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ であった。

【0055】

このように、プラズマの着火を行うステップにおける、プラズマ源への供給電力を小さくすることにより、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくしつつ、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。

【0056】

以上述べた本発明の第3実施形態において、第二の圧力が第一の圧力と同じであってもよい。この場合においても、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができる。

【0057】

また、プラズマを着火させるステップにおいてヘリウム以外の不活性ガスを供給してもよい。この場合、ヘリウム以外の不活性ガスは、一般にヘリウムよりも着火下限圧力が低いので、より低圧力にてプラズマの着火が行えるという利点がある。

【0058】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、真空容器内にドーピング原料ガスを供給しないようにしてもよい。この場合も、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができるという利点がある。

【0059】

次に、本発明の第4実施形態について、図1を参照して説明する。

【0060】

図1に示したプラズマドーピング装置の基本的な動作については、本発明の第

1 実施形態において詳しく説明したので、ここでは説明を省略する。

【0061】

基板9を試料電極6に載置した後、試料電極6の温度を10℃に保ちつつ、真空容器1内にヘリウムガスを50 s c c m供給し、真空容器1内の圧力を第一の圧力=3 P aに制御しながら、プラズマ源としてのコイル8に高周波電力を800 W供給することにより、真空容器1内にプラズマを発生させた。プラズマが着火した1秒後に、プラズマを発生させたままの状態、真空容器1内を第一の圧力(3 P a)よりも低い第二の圧力=0.3 P aに制御しながら、ドーピング原料ガスとしてのジボラン(B_2H_6)ガスを3 s c c m供給し、プラズマが安定した後に7秒間に渡って試料電極に200 Wの高周波電力を供給することにより、ボロンを基板9の表面近傍に導入することができた。ドーピング濃度は $2.3 \times 10^{13} \text{ a t m} / \text{c m}^2$ であった。

【0062】

このように、プラズマの着火を行うステップにおいてドーピング原料ガスを含まないガスを用いることにより、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくしつつ、試料へのイオン照射ダメージが小さいヘリウム主体のプラズマを用いて、安定して低濃度ドーピングを行えるようになった。

【0063】

以上述べた本発明の第4実施形態において、第二の圧力が第一の圧力と同じであってもよい。この場合においても、着火ステップにおける試料への悪影響を少なくすることができる。

【0064】

また、プラズマを着火させるステップにおいてヘリウム以外の不活性ガスを供給してもよい。この場合、ヘリウム以外の不活性ガスは、一般にヘリウムよりも着火下限圧力が低いので、より低圧力にてプラズマの着火が行えるという利点がある。

【0065】

また、プラズマを着火させるステップにおいて、プラズマ源に供給する高周波電力を小さくしてもよい。この場合、着火ステップにおける試料への悪影響を少

なくすることができるという利点がある。

【0066】

以上述べた本発明の実施形態においては、本発明の適用範囲のうち、真空容器の形状、プラズマ源の方式及び配置等に関して様々なバリエーションのうちの一部を例示したに過ぎない。本発明の適用にあたり、ここで例示した以外にも様々なバリエーションが考えられることは、いうまでもない。

【0067】

例えば、コイル 8 を平面状とした図 2 のような構成も可能である。

【0068】

また、コイル 8 の代わりにアンテナ 13 及び磁場形成装置としての電磁石 14 を用いた図 3 のような構成も可能である。この場合、真空容器内にヘリコン波プラズマを形成することができ、誘導結合型プラズマよりも高密度のプラズマを発生させることができる。電磁石に流れる電流を制御することで、真空容器内に直流磁場または周波数 1 kHz 以下の低周波磁場を印加してもよい。

【0069】

また、コイル 8 の代わりにアンテナ 13 及び磁場形成装置としての電磁石 14 を用いた図 4 のような構成も可能である。この場合、2つの電磁石 14 に逆向きの電流を流すことにより、真空容器内に磁気中性ループプラズマを形成することができ、誘導結合型プラズマよりも高密度のプラズマを発生させることができる。電磁石に流れる電流を制御することで、真空容器内に直流磁場または周波数 1 kHz 以下の低周波磁場を印加してもよい。

【0070】

また、図 5 のような構成も可能である。図 5 において、真空容器 1 内に、ガス供給装置 2 から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ 3 により排気を行い、調圧弁 4 により真空容器 1 内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源 5 により 13.56 MHz の高周波電力を試料電極 6 に対向した誘電体窓 7 の近傍に設けられたコイル 8 に供給することにより、真空容器 1 内に誘導結合型プラズマが発生し、試料電極 6 上に載置された試料としてのシリコン基板 9 に対してプラズマドーピング処理を行うことができる。また、試料電極 6 に高周

波電力を供給するための高周波電源 10 が設けられており、試料としての基板がプラズマに対して負の電位をもつように、試料電極 6 の電位を制御することができるようになっている。ターボ分子ポンプ 3 及び排気口 11 は、試料電極 6 の直下に配置されており、また、調圧弁 4 は、試料電極 6 の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ 3 の直上に位置する昇降弁である。試料電極 6 は、4 本の支柱 12 により、真空容器 1 に固定されている。なお、誘電体窓 7 の主成分は石英ガラスであるが、不純物としてのボロンを含有させている。

【0071】

コイル 8 と誘電体窓 7 の間に配置したバイアス電極 15 に周波数 500 kHz の高周波電力を供給するための高周波電源 16 が設けられている。バイアス電極 15 はスポーク状（短冊形の電極が放射状に配置されたもの）であり、コイル 8 の巻き方向とほぼ垂直な線方向に配置されているため、コイル 8 からの高周波電磁界が真空容器 1 内に放射されるのをほとんど妨げないように工夫されている。一方で、バイアス電極 15 は誘電体窓 7 のほぼ全域を覆っており、誘電体窓 7 がスパッタされて、不純物としてのボロンがプラズマ中へ拡散する量を制御することができる。

【0072】

また、周波数 13.56 MHz の高周波電力の反射波検出回路系に周波数 500 kHz の高周波電力による変調の影響が及ぶのを防ぐための回路として、バンドパスフィルタ 17 が設けられている。これは、周波数 500 kHz の高周波電力の供給によって誘電体窓 7 の表面のシース厚さが 500 kHz で変動することによる影響を除去し、周波数 13.56 MHz の高周波電力の反射波のうち、13.56 MHz の成分のみを取り出して検出するためのものである。このような構成において、周波数 13.56 MHz の高周波電力の反射波を反射波計 18 でモニタしつつ処理を行うことにより、整合状態や周波数 13.56 MHz の高周波電源のトラブルをリアルタイムで検知することが可能となる。

【0073】

このような構成を採用することにより、真空容器内にドーピング原料ガスを供給せずに、固体状の不純物（誘電体窓）から発生させたドーピング原料により、

試料または試料表面の膜中に不純物を導入することが可能となる。なお、この構成については、特許文献4に詳しく説明されている。

【0074】

以上述べた本発明の実施形態において、第一の圧力よりも第二の圧力の方が低い場合、着火を確実に行うとともに、低濃度ドーピングを実現するためには、第一の圧力が1乃至10 Paであり、第二の圧力が0.01乃至1 Paであることが望ましい。さらに、第一の圧力が2乃至5 Paであり、第二の圧力が0.01乃至0.5 Paであることが望ましい。

【0075】

また、ヘリウム以外の不活性ガスを用いる場合、ネオン、アルゴン、クリプトンまたはキセノン（ゼノン）のうち少なくともひとつのガスを用いることが望ましい。これらの不活性ガスは、試料への悪影響が他のガスよりも小さいという利点がある。

【0076】

また、着火ステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力を小さくする場合、着火を確実に行うとともに、着火ステップにおける試料への悪影響を抑制して、低濃度ドーピングを実現するためには、着火ステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、ドーピングステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の1/100乃至1/2であることが望ましい。さらに、着火ステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力が、ドーピングステップにおいてプラズマ源に供給する高周波電力の1/20乃至1/5であることが望ましい。

【0077】

また、真空容器内にドーピング原料ガスを供給する場合、低濃度ドーピングを実現するためには、ドーピング原料ガスの分圧が、ドーピングステップにおける真空容器内の圧力の1/1000乃至1/5であることが望ましい。さらに、ドーピング原料ガスの分圧が、ドーピングステップにおける真空容器内の圧力の1/100乃至1/10であることが望ましい。

【0078】

また、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合を例示したが、他の様々

な材質の試料を処理するに際して、本発明を適用することができる。

【0079】

また、不純物がボロンである場合について例示したが、試料がシリコンよりなる半導体基板である場合、とくに不純物が砒素、燐、ボロン、アルミニウムまたはアンチモンである場合に本発明は有効である。これは、トランジスタ部分に浅い接合を形成することができるからである。

【0080】

また、本発明は、ドーピング濃度が低濃度である場合に有効であり、とくに、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^2$ 乃至 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$ を狙いとしたプラズマドーピング方法として有効である。また、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^2$ 乃至 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ を狙いとしたプラズマドーピング方法として、とくに格別の効果を奏する。

【0081】

また、本発明は、電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマを用いる場合にも有効ではあるが、ECRプラズマを用いない場合にとくに有効である。ECRプラズマは低圧力でもプラズマが着火しやすいという利点があるが、試料付近の直流磁界が大きいため、電子とイオンの荷電分離が生じやすく、ドーピング量の均一性が劣るという欠点があるためである。つまり、本発明をECRプラズマを用いず、他の高密度プラズマ源を用いたプラズマドーピング方法に適用することにより、均一性に優れた低濃度ドーピングを実現することができる。

【0082】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマドーピング方法によれば、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第一の圧力よりも低い第二の圧力に制御する第三のステップとを含むため、安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供することができ

る。

【0083】

また、本願の第2発明のプラズマドーピング方法によれば、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にヘリウム以外の不活性ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にヘリウムを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むため、安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供することができる。

【0084】

また、本願の第3発明のプラズマドーピング方法によれば、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内を第二の圧力に制御しながら、第二のステップにおける高周波電力よりも大きな高周波電力をプラズマ源に供給する第三のステップとを含むため、安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供することができる。

【0085】

また、本願の第4発明のプラズマドーピング方法によれば、試料または試料表面の膜中に不純物を導入するプラズマドーピング方法であって、真空容器内の試料電極に試料を載置する第一のステップと、真空容器内にドーピング原料ガスを含まないガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を第一の圧力に制御しながら、プラズマ源に高周波電力を供給することにより、真空容器内にプラズマを発生させる第二のステップと、プラズマを発生させたままの状態、真空容器内にドーピング原料ガスを含むガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容

器内を第二の圧力に制御する第三のステップとを含むため、安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 乃至第 4 実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 2】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 3】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 4】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 5】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 6】

従来例で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【図 7】

従来例で用いたプラズマドーピング装置の構成を示す断面図

【符号の説明】

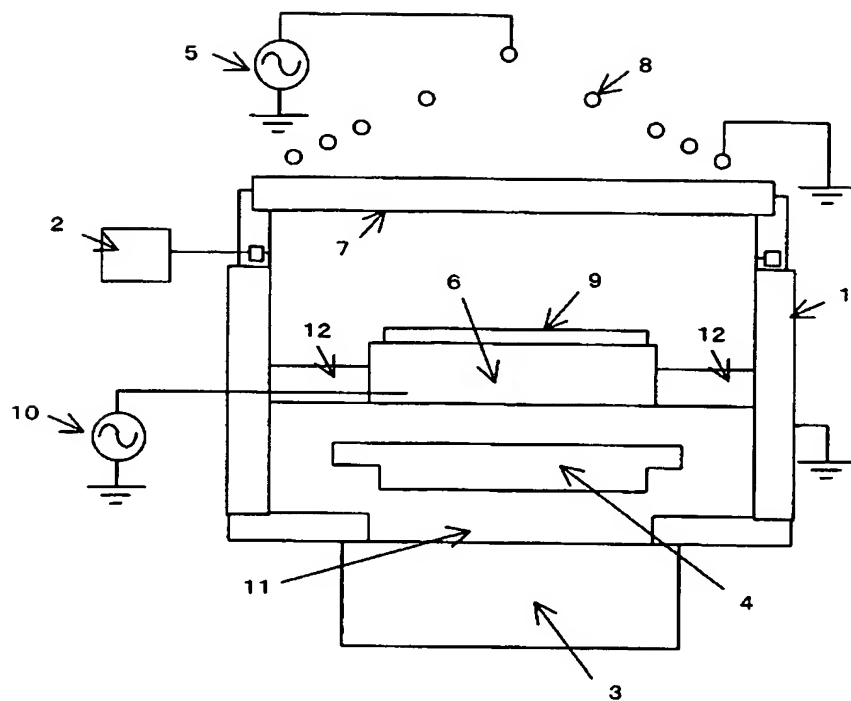
- 1 真空容器
- 2 ガス供給装置
- 3 ターボ分子ポンプ
- 4 調圧弁
- 5 高周波電源
- 6 試料電極
- 7 誘電体窓
- 8 コイル
- 9 基板
- 10 高周波電源

1 1 排気口

1 2 支柱

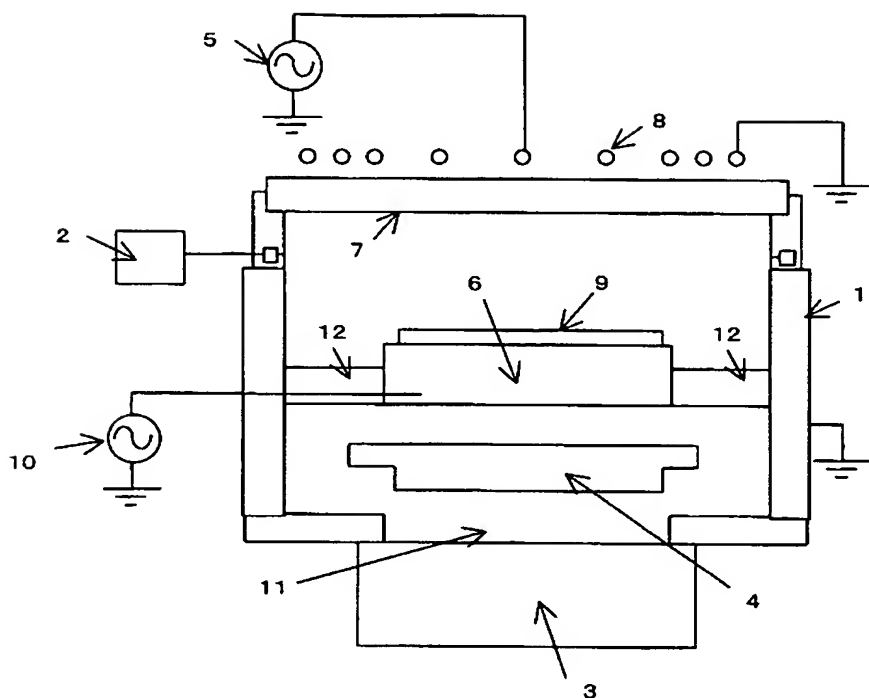
【書類名】 図面

【図 1】

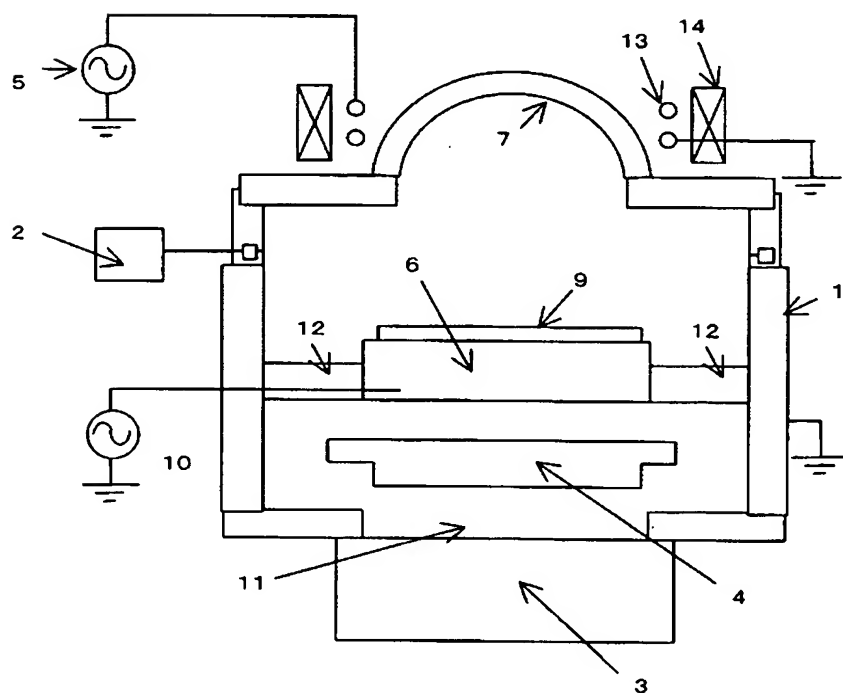


- | | |
|------------|----------|
| 1…真空容器 | 7…誘電体窓 |
| 2…ガス供給装置 | 8…コイル |
| 3…ターボ分子ポンプ | 9…基板 |
| 4…調圧弁 | 10…高周波電源 |
| 5…高周波電源 | 11…排気口 |
| 6…試料電極 | 12…支柱 |

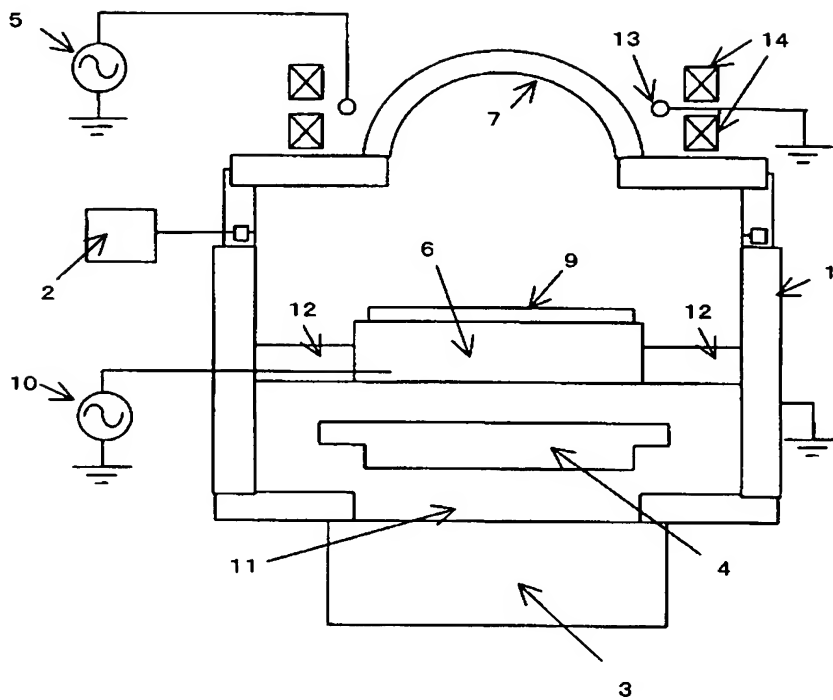
【図 2】



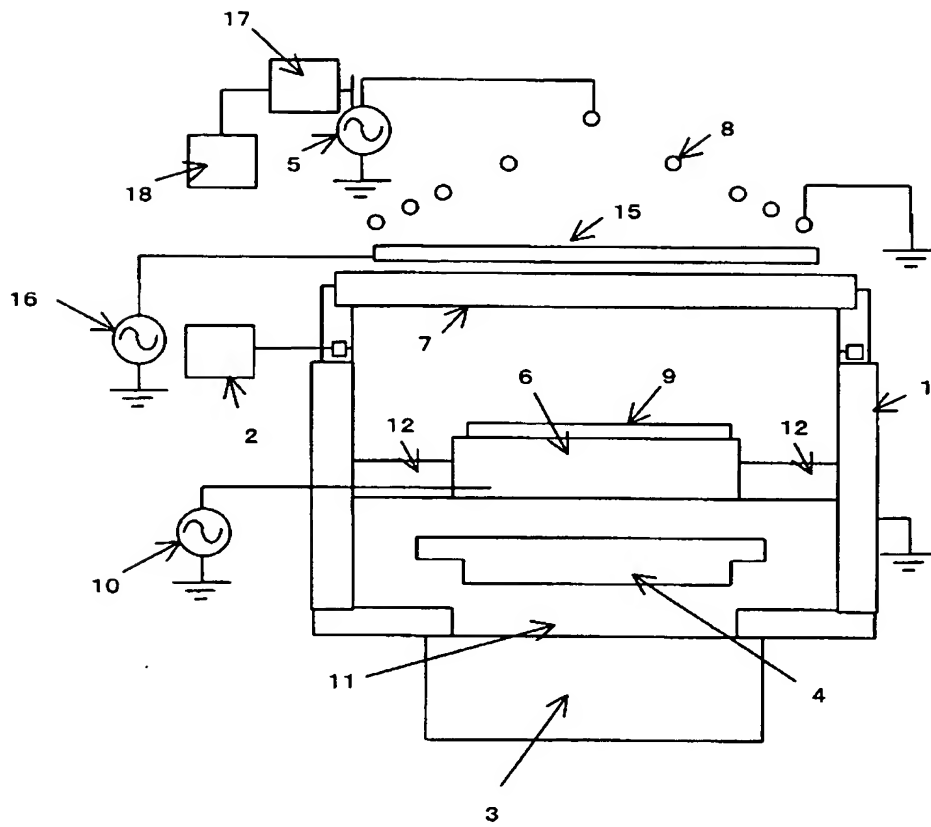
【図 3】



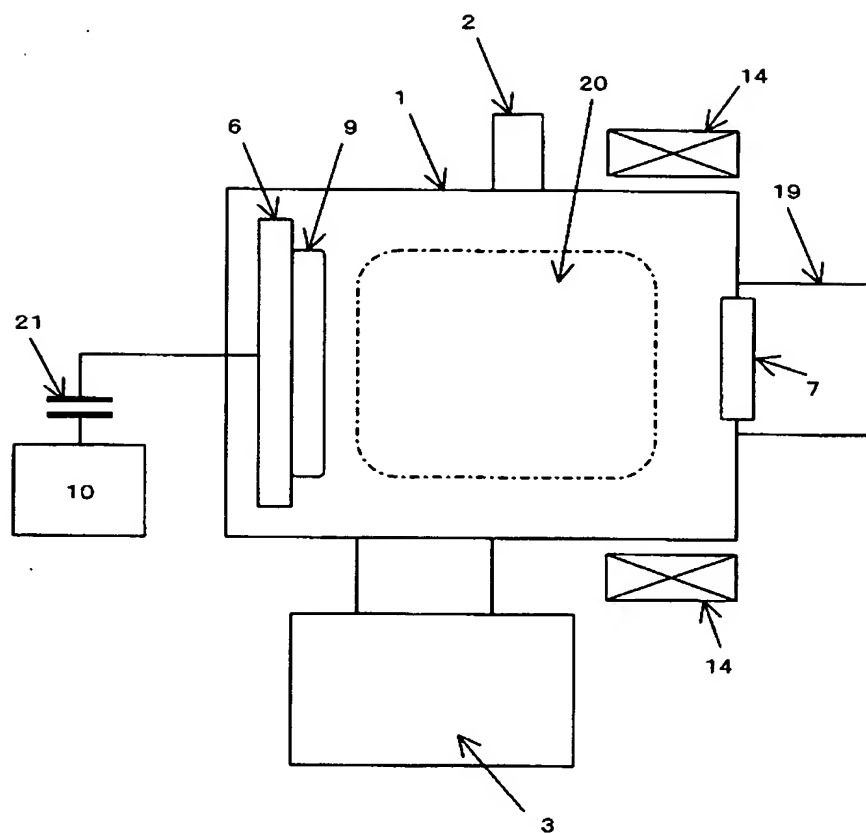
【図 4】



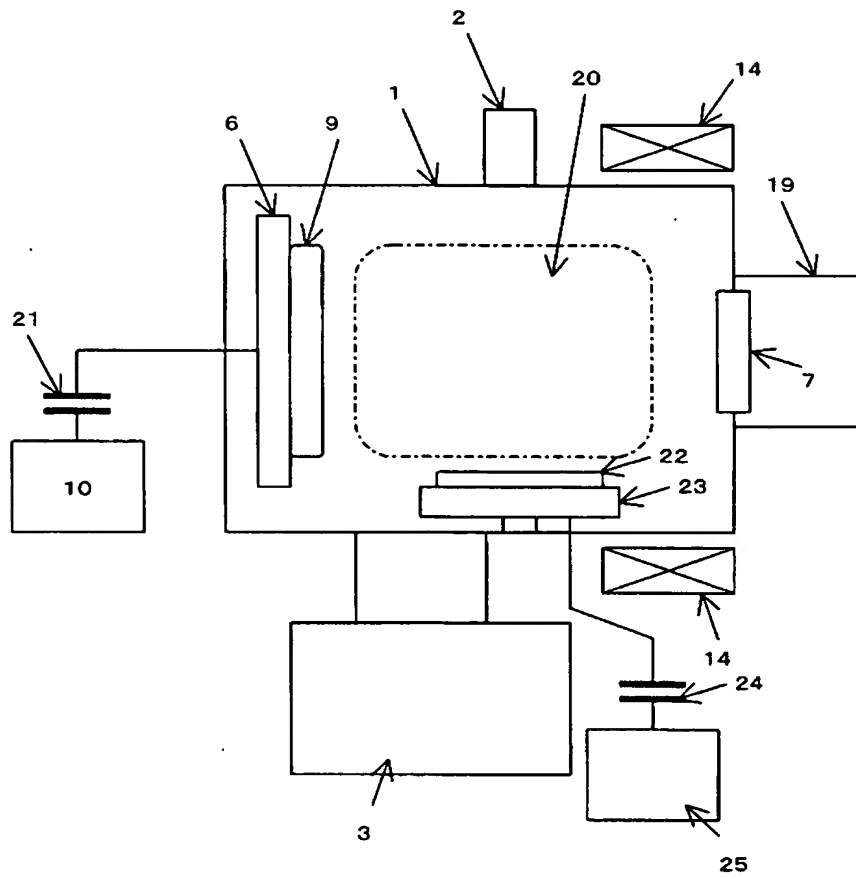
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 安定して低濃度ドーピングが可能なプラズマドーピング方法を提供する。

【解決手段】 真空容器 1 内にガス供給装置 2 より所定のガスを導入しつつポンプ 3 で排気を行い、真空容器 1 内を所定の圧力に保ちながら、高周波電源 5 により高周波電力を、コイル 8 に印加すると、真空容器 1 内にプラズマが発生する。その後、真空容器 1 内の圧力を下げ、試料電極 6 上に載置された基板 9 に対して低濃度のプラズマドーピングを行う。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 9 0 0 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社